

*HISTOIRE DE LA CHAIRE DE MINÉRALOGIE DU MUSÉUM
NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE*

(LEÇON D'OUVERTURE DU COURS DE MINÉRALOGIE, FAITE AU MUSÉUM
LE 17 MAI 1938).

PAR Jean ORCEL
Professeur.

MONSIEUR LE DIRECTEUR,
MESDAMES, MESSIEURS,

Mes premières paroles seront un hommage d'affectueux respect et de profonde gratitude au maître illustre et vénéré à qui j'ai le périlleux honneur de succéder. Sa retraite du Muséum, après 45 années d'un enseignement incomparable, a provoqué des regrets unanimes chez ses élèves, ses collègues et ses amis. Mais ils savent qu'il n'a pas délaissé son laboratoire où il reste entouré de leur affection. C'est donc une grande joie et aussi un grand réconfort pour moi de pouvoir profiter de son bienveillant appui dans les responsabilités nouvelles qui m'incombent, et j'espère de tout mon cœur avoir à lui témoigner ma reconnaissance pendant de nombreuses années encore.

Ce m'est aussi un agréable devoir de remercier publiquement mes collègues les professeurs du Muséum de l'unanimité avec laquelle ils m'ont accueilli parmi eux, et d'exprimer ma gratitude à l'Académie des Sciences qui a bien voulu ratifier ce choix.

Je tiens enfin, au début de cette leçon inaugurale, à rappeler le souvenir des maîtres à qui je dois ma toute première initiation minéralogique, MM. F. WALLERANT et L. MICHEL, dont les enseignements se complétaient si bien. J'ai reçu, à mes débuts, l'heureuse influence de l'un et de l'autre, et je ne saurais l'oublier en cet instant. Orienté tout d'abord par goût vers l'étude de la Chimie minérale, je me suis passionné très vite pour celle des minéraux, et, tout en achevant ma licence, je fréquentais assidûment le laboratoire de M. LACROIX. Dès cette époque, ma décision fut prise de me consacrer à la Minéralogie avec la préoccupation d'apporter dans l'étude des minéraux et de leurs conditions de gisement la précision des disciplines physico-chimiques.

Mais je n'ai nullement l'intention aujourd'hui de vous parler de

mes recherches ; je me conformerai à une très ancienne tradition qui invite le nouveau titulaire d'une chaire à faire œuvre d'historien, et à évoquer les travaux de ses prédécesseurs. Je suivrai d'autant plus volontiers cet usage, que je considère, avec beaucoup d'autres, comme toujours fructueux un tel retour dans le passé. En effet, à la lumière des découvertes récentes, nous comprenons mieux l'enchaînement progressif des observations et des théories de nos devanciers, les lacunes inévitables qui ont pu les affecter, mais aussi la puissance créatrice que certaines d'entre elles possèdent encore.

C'est pourquoi, dans l'exposé historique que j'entreprends devant vous, je m'attacherai moins à suivre un ordre chronologique qu'à dégager les idées dominantes qui servent en quelque sorte de charpente à la Minéralogie, et maintiennent une remarquable unité dans les connaissances qu'elle coordonne.

Vers le milieu du XVIII^e siècle, les naturalistes, savants et amateurs, prirent un intérêt croissant pour l'étude des minéraux, et il était fort bien porté à cette époque de posséder un cabinet d'histoire naturelle renfermant des cristaux, des pierres précieuses ou des échantillons de pierres rares. C'est au cours de cette période, en 1745, que BUFFON conçut l'idée de constituer une collection de minéralogie ayant une place à part dans le droguier qui représentait, au Jardin du Roi, l'embryon des futures galeries du Muséum. Il chargea DAUBENTON de ce service, avec le titre de garde et démonstrateur, et ce fut l'origine de la chaire de Minéralogie. En effet, lors de l'organisation du Muséum par la Convention (10 juin 1793), DAUBENTON, doyen des officiers du Jardin, demanda à occuper cette chaire, qui fût citée la première dans le décret constitutif.

Tous les esprits curieux, alors orientés vers l'étude de la Minéralogie, sentaient la nécessité de rassembler les observations fragmentaires faites depuis de nombreuses années, et d'en tenter une coordination. On s'explique ainsi le succès d'ouvrages tels que celui du Suédois WALLERIUS (1753) et ceux qui vingt ans plus tard (1773) rendirent célèbre ROMÉ DE L'ISLE (1772) et WERNER (1773). Je ne m'appesantirai pas sur cette période d'élaboration que M^{me} METZGER a fort complètement étudiée il y a plusieurs années dans son ouvrage sur la Genèse de la Science des cristaux. Je n'en retiendrai que les résultats essentiels pour comprendre les progrès de la Minéralogie qui ont suivi cette période.

La préoccupation principale des minéralogistes de ce temps-là était de trouver, dans l'extrême variété des aspects présentés par les minéraux, les caractères dominants sur lesquels on pouvait fonder des espèces. La chimie était encore dans l'enfance, et la plupart des savants abandonnaient les renseignements

incomplets qu'elle fournissait, pour porter toute leur attention sur les caractères extérieurs.

Parmi ceux-ci, LINNÉ (1735) avait déjà insisté sur l'importance de la forme cristalline, mais il exagéra cette idée en annonçant que la chimie mettrait bientôt en évidence une analogie de composition entre tous les cristaux de même figure géométrique, et il ne fut pas suivi. C'est à ROMÉ DE L'ISLE que l'on doit une mise au point des connaissances cristallographiques de son temps. On lui doit surtout, vous le savez, la découverte de la loi de la constance des angles dièdres des cristaux, première loi fondamentale de la cristallographie. Cette loi qui paraît avoir été entrevue par STÉNON dès 1669 mais que celui-ci exprime sous la forme d'une hypothèse sans chercher à la vérifier, repose sur les innombrables mesures que ROMÉ DE L'ISLE a faites à l'aide du goniomètre d'application construit par CARANGEOT. ROMÉ DE L'ISLE fut aussi le premier à émettre l'idée de la dérivation des formes secondaires des cristaux à partir d'une forme primitive, par l'emploi de la méthode géométrique des troncatures.

Malgré les preuves évidentes qu'il avance pour établir sa systématique des cristaux et montrer son importance, ROMÉ DE L'ISLE a rencontré de nombreux adversaires parmi lesquels nous sommes maintenant quelque peu étonnés de trouver BUFFON, qui lui reproche « d'avoir substitué des combinaisons idéales aux faits réels de la nature » et qui a été jusqu'à nier la possibilité de la science cristallographique. BUFFON possède heureusement d'autres titres à notre admiration pour que nous lui pardonnions maintenant cette défaillance, mais ROMÉ DE L'ISLE ne la lui pardonnait pas, et dans un moment d'indignation, il écrivit après avoir cité un passage de « l'histoire naturelle des minéraux » : « Ce court extrait suffit pour démontrer que la partie brillante du Plin français n'est pas la Minéralogie », et ailleurs : « Je sens combien est importante l'autorité d'un homme tel que M. le comte de BUFFON ; mais il produit son ouvrage ; je produis le mien ; c'est au naturaliste à décider de quel côté se trouve l'erreur ou la vérité. » Durant toute cette période, si DAUBENTON, occupé à l'achèvement d'autres recherches qui assurèrent sa renommée, a publié peu de travaux sur la Minéralogie, il lui a consacré inlassablement ses remarquables talents de professeur. Il exposait, avec clarté, un grand souci d'originalité, et la ferme résolution de se tenir au courant des progrès les plus récents. Aussi son enseignement eût-il une grande réputation, et parmi les nombreux auditeurs qui se pressaient à ses cours, il a compté tous les hommes de science de son temps, notamment HAÛY ; le mérite d'avoir suscité la vocation d'un tel disciple suffirait seul à lui attirer la reconnaissance des minéralogistes.

Il fut aussi un ardent propagandiste de notre Science. Quand HAÜY eut publié un abrégé de sa théorie sur la structure des cristaux, DAUBENTON demanda que la cristallographie soit étudiée par les élèves des écoles normales et même, sous une forme simplifiée, par les jeunes gens de douze à quatorze ans qui fréquentaient les écoles centrales qu'un décret de la Convention venait de créer. Mais ses efforts n'eurent aucun succès. Nous en sommes hélas ! au même point aujourd'hui, et nos collégiens n'ont pas encore la moindre notion de cristallographie.

HAÜY suivait donc assidûment le cours de DAUBENTON et il s'adonnait en même temps à l'étude de la Botanique avec son ami LHOMOND, régent, comme lui, au Collège du Cardinal Lemoine tout proche du Jardin du Roi. Il s'étonnait que dans les animaux et les végétaux les divers individus d'une même espèce « portent l'empreinte visible d'un modèle commun », et qu'au milieu de leurs modifications accidentelles, la forme primitive subsiste toujours et s'annonce par des traits apparents ineffaçables ; il ne comprenait pas que les formes des cristaux d'une même espèce beaucoup plus simples, ne soient pas soumises à de semblables lois.

A cette époque, d'autre part, les chimistes, notamment ceux de notre Maison, avaient cherché à édifier une théorie du mécanisme de la cristallisation. Les expériences réalisées par Hilaire-Martin ROUELLE sur la cristallisation du sel marin, l'avaient même conduit à indiquer que le cube était le noyau de toutes les formes cristallines de ce sel, mais il n'avait pas su dégager les conséquences de cette idée.

Pierre-Joseph MACQUER (1776) vulgarisait les expériences de ROUELLE et cherchait à préciser les phénomènes qui provoquent la cristallisation. On admettait généralement avec lui que « les molécules primitives intégrantes » de tous les corps ont les unes vers les autres une tendance en vertu de laquelle elles s'approchent, s'unissent et adhèrent entre elles quand aucun obstacle ne s'y oppose ».

DAUBENTON enseignait ces conceptions ; HAÜY le rappelle dans l'Introduction de son premier travail d'ensemble sur la structure des cristaux, mais il montre en même temps toute la complexité du problème qu'elles abordaient aussi en abandonne-t-il volontairement l'étude pour se proposer uniquement de « déterminer la forme des molécules constituantes des cristaux, et la manière dont elles sont arrangées entre elles dans chaque cristal ». C'est cette combinaison qu'il appelle la *structure* et dont il veut étudier les lois. Cependant il faut une base objective à cette théorie, HAÜY la trouve dans l'observation attentive des « joints naturels » — on dit aujourd'hui des clivages — que présentaient beaucoup de cristaux, et il raconte dans la première édition de son traité de

Minéralogie comment il fut conduit fortuitement à faire cette observation sur le spath calcaire ou calcite. Le passage mérite d'être cité intégralement :

« L'observation que je viens d'exposer est celle qui a servi à développer mes idées sur la structure des cristaux, et a été comme la clé de la théorie. Elle s'est présentée à l'occasion d'un cristal que le citoyen DEFRANCE avait eu la complaisance de me donner au moment où il venait de se détacher d'un groupe que cet amateur éclairé me montrait, et qui faisait partie de sa collection minéralogique. Le prisme avait une seule fracture à l'endroit d'une des arêtes situées autour de la base par laquelle il avait adhéré au reste du groupe. Au lieu de le placer dans ma collection alors naissante, je me mis à essayer de le diviser dans d'autres sens ; et je parvins, après quelques tâtonnements, à extraire son noyau rhomboïdal, ce qui excita en moi un mouvement de surprise mêlé à l'espérance de ne point en rester à ce premier pas. »

Soumettant d'autres formes de la calcite à la « division mécanique », il constate qu'il parvient toujours à en extraire le même noyau rhomboïdal, la même forme primitive, possédant les mêmes angles que le rhomboèdre de spath d'Islande. Et il en arrive ensuite à considérer que ce noyau lui-même a pour molécule constituante de petits rhomboèdres. Mais la division du cristal a nécessairement une limite, passée laquelle on arriverait « à des particules si petites qu'on ne pourrait plus les diviser sans les analyser, c'est-à-dire sans détruire la nature de la substance », sans séparer les molécules élémentaires qui la composent. HAÛY s'arrête à ce terme, et donne à ces particules le nom de « molécules intégrantes ». (1792).

Il suppose qu'elles ont la même forme que les solides extraits du minéral par clivage ; toutefois, avec la remarquable pénétration d'esprit qui le caractérise, il ajoute que nous n'en sommes pas physiquement certains puisque ces molécules échappent à nos yeux par leur extrême ténuité. « Mais, dit-il, dans l'étude de la Nature nous ne pouvons faire plus sagement que d'adopter ce principe : que les choses sont censées être telles en elles-mêmes qu'elles s'offrent à nos observations. » « Les derniers résultats sensibles de la division mécanique des minéraux s'ils ne nous donnent pas la figure des véritables molécules intégrantes employées par la nature, les représentent du moins par rapport à nous à peu près comme les substances que les chimistes ne peuvent plus analyser ultérieurement, sont des substances simples par rapport à eux, quoique dans la réalité elles puissent être encore susceptibles de décomposition »¹.

1. Cf. HAÛY, *Traité de Minéralogie*, 1^{re} éd., 1801, T. I, p. 5-7 et 23 ; et *traité de Cristallographie*, 1822, Atlas, fig. 33 à 37.

Partant de cette idée fondamentale, il lui est aisé d'imaginer que des couches de ces molécules s'empilant les unes sur les autres, en se rétrécissant régulièrement, devaient donner naissance à de nouveaux polyèdres enveloppant le noyau primitif. HAÜY détermine les lois géométriques qui président à ces décroissements, et permettent de reconstituer toutes les formes secondaires dérivées du noyau primitif.

Généralisant ces observations faites sur la calcite, inventant les méthodes de calculs qui lui étaient nécessaires, il démontre que l'on trouvait dans les cristaux de chacune des autres substances minérales, telles que le grenat, le sel gemme, la fluorine, le gypse, la barytine, etc... un noyau toujours semblable à lui-même, d'où l'on pouvait faire dériver toutes les formes de l'espèce.

Dès ses débuts, la théorie d'HAÜY s'imposa par sa clarté et son étendue ; DAUBENTON et LAPLACE en comprirent toute la portée et encouragèrent son auteur à en poursuivre l'application. Elle éclipsa totalement les tentatives de coordination qui l'avait précédée. Ainsi quelques années avant HAÜY, un jeune chimiste suédois, GAHN avait aussi remarqué, en brisant un scalénoèdre de calcite, qu'on pouvait en isoler un noyau rhomboédrique. Il communiqua cette observation à son maître, le célèbre BERGMAN. Mais celui-ci ne sût pas en tirer toutes les conséquences, et au lieu de déterminer, par l'expérience, dans quelles limites on pouvait la généraliser, il s'égara dans les hypothèses en cherchant à rattacher à ce rhomboèdre, non seulement les formes de la calcite mais aussi celles d'autres minéraux qui n'ont avec elle aucun rapport de structure.

Certains minéralogistes s'obstinèrent pendant quelque temps à combattre les travaux d'HAÜY. ROMÉ DE L'ISLE, qui avait cependant reproché avec véhémence à BUFFON son manque de clairvoyance, succomba à la même faiblesse et trouva plaisant de traiter HAÜY de « cristallographe », parce qu'il brisait des cristaux. Il refusait à sa théorie toute généralité. HAÜY lui répondit un peu plus tard en rendant hommage à ses travaux, mais il ne s'attarda pas à discuter les objections de ses détracteurs et poursuivit son œuvre. Il perfectionna ses méthodes de calculs, dégagea les formes primitives d'où dérivent toutes les autres formes que revêtent les cristaux, et détermina les caractères cristallographiques d'un grand nombre d'espèces minérales que l'on confondait avant lui ; ainsi, parmi les schorls, il sut distinguer : le feldspath, le pyroxène, la tourmaline, l'épidote. Il fit des distinctions du même genre dans le groupe des zéolites, et il reconnut par contre l'identité spécifique du béryl et de l'émeraude. Bref, il devint, selon l'expression de CUVIER, « le grand législateur de la Minéralogie ».

A la mort de DAUBENTON, le 31 décembre 1799, HAÜY était dans tout l'éclat de sa renommée. Il était membre de la Première Classe de l'Institut, et conservateur des collections de l'École des Mines. Ce ne fût cependant pas lui, mais DOLOMIEU qui fut nommé professeur de Minéralogie au Muséum en janvier 1800. En effet DOLOMIEU, que recommandait une longue carrière scientifique, venait de subir dans les cachots de Sicile une douloureuse et injuste captivité. Il ne dut sa liberté qu'à une stipulation spéciale du traité de paix d'Amiens. Ses amis avaient cherché en vain auparavant à l'arracher à ses bourreaux, et il faut noter qu'HAÜY fut l'un de ceux qui intervinrent avec le plus d'ardeur en sa faveur, donnant ainsi un bel exemple de désintéressement et de modestie.

L'œuvre de DOLOMIEU est considérable. Elle se rapporte à la lithologie, à la minéralogie et à la géologie, mais ce fut surtout sur les volcans et leurs produits qu'il effectua ses principales recherches. Sur tous les sujets qu'il aborda, DOLOMIEU développa des idées originales et fécondes souvent très en avance sur leur temps, telles ses observations sur les Alpes qui le conduisirent à exprimer déjà clairement la notion des chevauchements, ébauche de la théorie moderne des charriages. En minéralogie on lui doit la première description de l'analcime, de la psilomélane, de la célestite, de l'anhracite et du carbonate double de chaux et de magnésie, auquel TH. DE SAUSSURE donna le nom de dolomie. Le temps me manque pour analyser devant vous cette œuvre si variée. D'ailleurs M. A. LACROIX l'a mise en lumière il y a quelques années en de copieuses études rassemblant de nombreux documents inédits et agrémentés de savoureux détails sur la vie aventureuse de leur auteur.

Je m'arrêterai seulement quelques instants sur sa *philosophie minéralogique* qu'il médita au cours des longs mois de sa captivité à Messine et dans laquelle il donne une place prépondérante aux idées d'HAÜY. Cet ouvrage capital, relatif à la notion d'espèce en Minéralogie, conserve encore aujourd'hui toute sa valeur. DOLOMIEU y réagit contre l'empirisme des anciens minéralogistes. Ceux-ci confondent la masse minérale avec l'espèce ; avec eux aucune unité de principe n'existe dans la création des espèces, car ils n'ont pas su discerner quels étaient les véritables caractères spécifiques. DOLOMIEU démontre qu'il n'y a de propriétés essentielles pour l'espèce que celles qui dérivent plus ou moins immédiatement de la molécule intégrante ; il n'y a donc de caractères vraiment spécifiques que ceux qui résultent de sa composition chimique ou de sa forme. Il fait immédiatement la distinction entre les minéraux et les masses minérales ou roches qui en sont des assemblages variés dans leur composition et leur structure. Mais l'existence physique de l'espèce est susceptible de beaucoup de modifications

et d'aspects qui dépendent, soit de son état d'agrégation géométrique plus ou moins parfait, soit des substances étrangères qu'elle peut renfermer. DOLOMIEU distingue parmi elles les *superfluités* qui sont adhérentes à la molécule intégrante plutôt qu'admises dans sa constitution, et les *souillures*, — nous dirions aujourd'hui les inclusions — qui se sont logées entre les molécules intégrantes lors de leur agrégation. Les premières n'excluent pas l'homogénéité de la masse ; les secondes au contraire la rendent toujours hétérogène.

Considérant l'espèce dans ses « fréquentations », c'est-à-dire dans ses associations les plus habituelles avec d'autres espèces, DOLOMIEU en montre l'importance pour le diagnostic ; on peut, ajoutez-il plaisamment, leur appliquer le proverbe « Dis-moi qui tu hantes et je te dirai qui tu es ».

Parvenant ensuite à la définition des caractères spécifiques, il remarque qu'elle dépend à la fois des méthodes de la chimie et de la minéralogie. Les premières disent quelle est la molécule intégrante dans sa constitution, les autres doivent dire quels sont les caractères qui naissent de cette constitution.

Abordant enfin la question de la classification, il insiste sur le principe déjà établi par BUFFON « que l'espèce doit être la base et le centre de tout ordre méthodique bien concerté ». Il en rejette les sortes qui doivent leur institution à des principes différents, purement conventionnels, et basés sur des caractères vagues, comme ceux utilisés par les arts mettant en œuvre diverses propriétés des substances minérales.

« En résumé, conclut DOLOMIEU, l'espèce minéralogique est un être distinct de tous les autres par une constitution particulière, qui reçoit de cette constitution tout ce qui doit la caractériser. Cet être existe dans la molécule intégrante ; il est représenté physiquement par les masses homogènes qui ont été soumises aux lois de l'agrégation régulière, et il tient sous sa dépendance tous les êtres qui ont une semblable constitution, lors même que les vices de conformation les éloignent de la représentation physique de l'espèce, ou que des superfluités et des souillures lui font porter une livrée étrangère ».

Telles sont les réflexions que DOLOMIEU livrait à ses auditeurs au retour de sa longue captivité, lors de son premier cours au Muséum, mais il ne put continuer son enseignement, et HAÛY fut désigné pour le suppléer. Miné par la maladie, il mourut l'année suivante, le 16 novembre 1801, à l'âge de 51 ans, rendant ainsi à HAÛY la place à laquelle celui-ci avait si généreusement renoncé. Il y fut nommé le 9 décembre 1808. A cette date il venait de publier la première édition de son traité de Minéralogie qu'il avait préparé en utilisant les matériaux de la collection de l'École des Mines.

La renommée de cet ouvrage fut vite acquise. Tous les minéralogistes de l'Europe accoururent pour recueillir les fruits d'un enseignement clair élégant et précis qui bouleversait à ce point les idées admises. HAÜY accueillait tous ceux qui avaient le désir de l'approcher, les plus modestes comme les plus savants, avec la même douceur et la même bienveillance.

La Faculté des Sciences de Paris, lors de sa création en 1811, s'honora en le nommant professeur de Géologie et de Minéralogie mais il fut en réalité officiellement suppléé par Alex. BRONGNIART et il se contentait de faire venir parfois les élèves de l'École normale à son domicile du Jardin des Plantes pour leur donner des conseils sur leurs études.

Tout en s'adonnant avec ferveur à son enseignement, HAÜY poursuivait inlassablement ses recherches et démontrait, par des observations et des mesures sans cesse renouvelées, l'exactitude de la loi des décroissements ; enfin, en 1815 il en dégagait la loi de symétrie qui, avec la précédente, forme la base de sa doctrine. Malgré sa clarté, cette théorie ne fut pas admise sans réserves par les cristallographes étrangers, surtout ceux de l'École allemande. Ceux-ci cherchèrent une autre formule dans la loi des zones de Weiss basée uniquement sur l'idée abstraite des genres de symétrie. Cette loi exprime en réalité les deux précédentes, mais sous une forme moins évidente à l'esprit. La loi des décroissements revenant à dire que les arêtes d'une forme cristalline doivent être coupées dans des rapports simples et rationnels par les faces d'une autre forme quelconque du même système qui s'ajoute à la première, les cristallographes allemands la désignèrent sous le nom de loi de *rationalité des indices* ou loi *des troncatures rationnelles*, qui lui est toujours conservé. Cette loi n'est en fait qu'un corollaire de la proposition qui sert de base à la théorie des décroissements, et celle-ci est à son tour le résultat des observations faites sur le clivage, interprétées dans l'hypothèse atomistique. C'est précisément cette base physique qui en a fait la fécondité, et que les minéralogistes allemands se refusaient à admettre. Ne voulant prendre en considération que les formes extérieures des cristaux, ils faisaient, à cette époque, de la Cristallographie une science purement géométrique comme elle l'était au temps de ROMÉ DE L'ISLE.

Deux écoles étaient nées, que l'on pourrait appeler avec BRONGNIART : l'une l'école physique, l'autre l'école géométrique. Nous verrons comment leurs conceptions se développant, parvinrent à fusionner pour former l'harmonieux édifice actuel. Et il convient de remarquer que depuis longtemps les minéralogistes étrangers ont tous rendu hommage à l'œuvre d'HAÜY.

HAÜY n'abandonnait d'ailleurs pas la description des formes cristallines et il proposa un élégant système de notation, simplifié

plus tard par LÉVY, que les minéralogistes français utilisent tous, concurremment avec celui de MILLER.

D'autre part aucune des propriétés physiques des cristaux ne le laissait indifférent, et son traité de Minéralogie renferme tout ce que l'on connaissait sur elles de son temps. Il donne des moyens ingénieux et simples de les mettre en évidence. Les propriétés électriques et magnétiques l'ont intéressé tout particulièrement et il s'est livré à de nombreuses observations sur leurs manifestations.

Enfin, ne négligeant aucune partie du domaine de la Minéralogie, il a cherché à apporter un peu de lumière dans l'étude des roches qu'il appelait « les incommensurables de règne minéral ». Si dans cette partie de la Minéralogie tout a été transformé par l'emploi de méthodes d'investigations nouvelles, on doit à HAÜY la distinction de types pétrographiques tels que le trachyte, la pegmatite, le diorite, etc... qui ont subsisté de nos jours.

Ainsi le génie d'HAÜY donnait à la Minéralogie des bases inébranlables. Il avait créé de toutes pièces la Cristallographie. Certes bien des difficultés subsistaient encore ; mais HAÜY avait tracé la voie, il avait édifié avec sûreté une méthode de travail dont la puissance s'affirme encore aujourd'hui. En effet, on trouve dans l'œuvre d'HAÜY deux ordres de préoccupations étroitement liés l'un à l'autre et qui subsistent dans les travaux de ses successeurs. Le premier est relatif à l'étude de la structure cristalline pour elle-même, le second se rapporte à la connaissance plus parfaite des espèces minérales, de leurs associations dans la nature, et de leurs assemblages, que l'on désigne sous le nom de roches et de minerais.

Les continuateurs de l'œuvre d'HAÜY ont poursuivi leurs recherches dans ses deux domaines, mais en se spécialisant dans l'un ou l'autre. L'ensemble devenait trop vaste pour l'activité d'un seul homme.

A la mort d'HAÜY en 1822, la chaire de Minéralogie du Muséum fut confiée à ALEX. BRONGNIART, dont je vous parlerai dans quelques instants, car je préfère achever maintenant l'étude des développements de l'œuvre d'HAÜY dans le domaine de la cristallographie structurale.

C'est un disciple d'HAÜY, G. DELAFOSSE, qui fut le premier continuateur de son œuvre cristallographique. HAÜY se l'était attaché comme aide-naturaliste, dès sa sortie de l'École normale en 1816. Il trouva en lui un collaborateur intelligent et actif pour son traité de Cristallographie et la deuxième édition de son traité de Minéralogie. Le traité de Cristallographie put paraître en entier de son vivant. Quant au traité de Minéralogie, le premier volume

seul était achevé à sa mort et c'est DELAFOSSE qui a rédigé et publié les trois derniers volumes d'après les notes qu'il avait laissées et dont la plupart servaient de texte à ses leçons publiques.

DELAFOSSÉ n'occupa la chaire de Minéralogie que 35 ans après la mort d'HAÜY (1857-1876). C'est à l'École normale et à la Faculté des Sciences où il succéda à BEUDANT (en 1841) qu'il eut son véritable foyer scientifique et qu'il trouva ses meilleurs élèves. La partie essentielle de son œuvre était achevée quand il fut nommé au Muséum en 1857.

En cherchant à approfondir la signification de la molécule intégrante, par rapport à la molécule chimique, et à étudier les rapports de la forme et de la structure cristalline avec les propriétés physiques et chimiques des cristaux, DELAFOSSE a donné aux conséquences de la découverte d'HAÜY une portée considérable. Il eut en effet le premier l'idée des réseaux cristallins implicitement contenue dans les conceptions d'HAÜY.

HAÜY, ayant tout d'abord en vue l'explication des formes secondaires des cristaux, admit en première approximation que l'on pouvait confondre la molécule chimique du corps avec la molécule intégrante. DELAFOSSE montre qu'il y a une distinction à établir entre ces deux notions en reprenant autrement le raisonnement d'HAÜY sur le clivage. « En effet, dit-il, de la possibilité d'un clivage dans une première direction plane, nous sommes seulement autorisés à conclure que les molécules du cristal considérées comme des points matériels sont distribuées sur une série de plans parallèles entre eux et à cette direction ». Si à ce premier clivage s'en joignent deux autres nous sommes obligés de conclure « que les molécules doivent être espacées d'une manière uniforme et symétrique, ayant leurs centres de gravité aux points d'intersection de trois séries de plans parallèles et présentant ainsi l'image d'un réseau continu à mailles parallépipédiques. Les molécules sont fixées aux points dont nous parlons, non d'une manière inébranlable, mais dans un état d'équilibre plus ou moins stable, et elles composent en différents sens des files rectilignes et parallèles dans chacune desquelles leurs centres sont équidistants. Celles de ces files qui se trouvent sur le même plan sont pareillement à des distances égales les unes des autres ».

D'après cela la molécule intégrante d'HAÜY n'est que la représentation du plus petit espace que forment entre elles les molécules voisines, c'est-à-dire des mailles parallépipédiques du réseau cristallin. Elle n'est plus qu'une réalité géométrique, la réalité physique appartenant seulement aux molécules situées aux nœuds du réseau. DELAFOSSE substituait ainsi au concept de continuité de la matière implicitement admis par HAÜY celui de sa discon-

tinuité, et en donnant à la molécule physique cette indépendance, il donnait un nouvel élan à la science des cristaux.

Il montra en effet comment les diverses formes que peuvent offrir ces molécules influent sur le résultat final de la cristallisation. Cette influence suffit pour expliquer les prétendues exceptions à la loi de symétrie, regardées comme des anomalies constantes dans certaines espèces minérales telles que la pyrite, la boracite, la tourmaline, le quartz, etc... Les difficultés qu'HAÛY n'avait pu surmonter s'évanouissent, si l'on considère que les parties d'un cristal géométriquement identiques ne le sont pas nécessairement au point de vue physique, par suite des différences de structures ou de constitutions moléculaires qu'elles présentent.

On explique par exemple aisément l'hémiédrie de la boracite en imaginant que ce minéral est constitué par des molécules tétraédriques empilées de façon que leurs axes ternaires soient parallèles aux axes ternaires du cube. Les deux extrémités d'un axe ternaire n'ont pas la même signification physique, puisque l'une fait apparaître une base et l'autre une pointe de pyramide. Ainsi l'hémiédrie n'est plus un caprice de la nature, elle est la conséquence de la structure interne du cristal.

Cette conception de la structure cristalline entraîne une autre conséquence importante au point de vue géométrique. On ne peut plus dire en effet qu'un système cristallin est un ensemble de formes dont chacune diffère de toutes celles des autres systèmes, car deux systèmes différents peuvent avoir des formes communes. Ainsi DELAFOSSE montre qu'il existe trois systèmes cubiques dans chacun desquels le cube se rencontre ; mais en passant de l'un à l'autre la molécule physique change de structure suivant le mode de groupement de ses atomes qui peut être calqué sur la forme de l'octaèdre, du tétraèdre ou du dodécaèdre pentagonal. La distinction des systèmes cristallins repose donc véritablement sur les différences de structure.

DELAFOSSE a même cherché à pousser plus loin encore l'analyse de cette structure ; il a essayé de construire géométriquement certaines formules atomiques et de montrer par là que les deux caractères principaux des espèces minérales, la composition et la forme, peuvent être dans un accord tel qu'ils se servent mutuellement de contrôle. Il reprenait d'une manière différente une conception d'AMPÈRE, et il avait déjà saisi toute l'importance à ce point de vue de la notion d'isomorphisme mise en lumière par MITSCHERLICH. De cette structure interne du cristal dépendent en outre toutes ses propriétés physiques, telles que la pyroélectricité et la polarisation rotatoire, et DELAFOSSE fait remarquer, dans l'un de ses ouvrages, que c'est en suivant les indications de ce principe et de ses idées sur l'hémiédrie que PASTEUR a été con-

duit à ses belles observations sur les tartrates et sur la cause de la polarisation rotatoire dans ce genre de sels. On voit donc comment les travaux de DELAFOSSE ont réalisé la première évolution de la doctrine d'HAÜY. Ils ont mis celle-ci en accord avec toute une catégorie de faits nouveaux, et ils ont établi les bases fondamentales de la théorie des assemblages réticulaires. Il serait injuste de ne pas reconnaître leur valeur. Mais il est juste aussi d'associer au nom de DELAFOSSE celui de BRAVAIS, car c'est à ce dernier que revient l'honneur d'avoir développé cette théorie et d'en avoir approfondi les conséquences les plus importantes et les plus fécondes.

Son but, il l'a défini lui-même, était de déduire de la géométrie tout ce qu'elle peut nous apprendre relativement à la symétrie des corps cristallisés, afin de séparer les influences qui tiennent à la forme de la molécule constituante, de celles qui dépendent de l'arrangement relatif de leurs centres de figures. BRAVAIS précise donc d'une façon remarquable les idées de DELAFOSSE en établissant les lois qui règlent les rapports entre la symétrie de la molécule cristalline et celle du réseau qu'elle a choisi. Il distingue ainsi 32 classes de symétrie cristalline réparties en 7 sortes d'assemblages réticulaires qui correspondent aux sept systèmes cristallins d'HAÜY.

Comme DELAFOSSE, BRAVAIS admettait que les molécules possédaient une forme polyédrique, et, considérant que le milieu cristallisé était rigoureusement homogène, il leur donnait à toutes la même orientation.

Mais cette théorie ne s'accordait pas bien avec certains faits tels que la polarisation rotatoire et l'existence, dans plusieurs substances, de cristaux droits et gauches (non superposables à l'aide des seules opérations de symétrie considérées) semblables à ceux que Pasteur venait d'étudier. Il paraissait donc nécessaire, pour la compléter, d'admettre la présence dans la structure cristalline non seulement de polyèdres moléculaires d'orientations diverses, mais aussi de polyèdres non superposables. S'appuyant sur ces considérations, C. JORDAN (1869), puis L. SOHNCKE, SCHENFLIES, VON FEDOROW, P. CURIE, BARLOW, etc... se proposèrent de rechercher toutes les combinaisons d'objets régulièrement distribués dans un espace indéfini et compatibles avec les exigences de l'homogénéité cristalline. Il fallait pour y parvenir élargir les conditions de la symétrie telles qu'elles avaient été posées par BRAVAIS et envisager l'existence non seulement d'axes de symétrie d'ordre 2, 3, 4, 6, de centres, ou de plans de symétrie, mais encore d'axes hélicoïdaux et de plans de glissement. Cette théorie de la structure fut portée à un haut degré de perfection mathématique par SCHENFLIES et FEDOROFF qui établirent l'existence de 230 groupes

de symétrie ou groupes spaciaux. Cependant, lorsqu'on voulait l'appliquer à la réalité physique que constitue le milieu cristallisé, on aboutissait à une impasse si l'on s'en tenait à la conception de polyèdres moléculaires tels que l'envisagèrent BRAVAIS puis MALLARD, ou de la particule cristalline complexe telle que la définissait M. WALLERANT en faisant intervenir les données de la théorie de SCHÖENFLIES. G. FRIEDEL remarqua alors que cette conception reposait en réalité sur l'hypothèse de deux sortes d'actions entre les particules matérielles : l'affinité qui groupe les atomes en molécules, et la cohésion cristalline qui groupe les molécules en cristal. Il se demanda s'il était bien justifié d'établir une différence aussi tranchée entre ces deux actions, puisque certains composés, comme les silicates, ne forment une molécule chimique qu'à la condition d'être cristallisés. Il pensa qu'il était plus sage d'envisager à l'intérieur de la maille cristalline, un motif essentiellement hétérogène, composé de particules matérielles disposées à des distances diverses.

Mais rien à cette époque (1904) ne permettait de supposer qu'on pût jamais pénétrer le secret de l'arrangement de la matière à l'intérieur de ce motif, quand, en 1912, LAUE, en découvrant la diffraction des rayons X par les cristaux, apporta la preuve expérimentale de la théorie réticulaire, et suscita l'éclosion d'un nombre considérable de travaux parmi lesquels je citerai ceux de W.-H. et W.-L. BRAGG en Angleterre, C. MAUGUIN en France, EWALD et SCHIEBOLD en Allemagne, PAULING et WYCKOFF en Amérique.

Le cristallographe a désormais à sa disposition une méthode d'analyse d'une puissance incomparable qui lui permet de déterminer non seulement les dimensions de la maille en valeur absolue, mais encore l'arrangement des atomes dans le motif cristallin qu'elle renferme, et il est aidé dans sa tâche par la théorie de la structure de SCHÖENFLIES qui prend, de ce fait, une importance physique considérable.

Toutes ces recherches ont produit un changement profond dans nos conceptions sur la structure des atomes et sur la constitution des milieux cristallisés, puisqu'on est obligé d'admettre l'existence d'édifices formés tantôt de molécules indépendantes, dans le cas des cristaux organiques, tantôt d'ions simples ou complexes dans le cas des substances minérales. Le rêve des anciens minéralogistes est réalisé, un lien solide est établi entre la composition chimique d'un minéral et sa structure cristalline.

Mais on ne possède pas encore le moyen de voir directement les atomes ; on peut, pour les représenter, imaginer de petits domaines sphériques dont le rayon varie avec la nature de l'atome. C'est ce mode de représentation qui a été adopté par M. MAUGUIN dans

la belle exposition de modèles structuraux qu'il a réalisée au Palais de la Découverte.

Un autre mode de représentation serre de plus près la réalité. En effet, l'étude de la diffraction des rayons X poussée très loin, comme on l'a fait ces dernières années, en exprimant, à l'aide des séries de Fourier, la relation entre la distribution de la matière dans le cristal et la diffraction des rayons X qu'elle produit, fournit la densité électronique moyenne en chaque point du motif cristallin ; à l'heure actuelle les calculs que nécessite cette méthode sont très longs, mais il suffit de trouver la projection des densités électroniques sur un ou deux plans importants du cristal. On obtient ainsi un schéma qui, suivant la comparaison imagée de Sir W.-H. BRAGG, « ressemble à ce que l'on verrait dans un récipient ayant les dimensions du motif cristallin, rempli par un liquide transparent tenant en suspension des nuages variés. Chaque nuage représente un atome, sa densité est plus grande au centre et diminue vers les bords, en se fondant très vite dans la masse transparente du liquide »¹.

Nous voici bien loin, direz-vous, de l'histoire de la chaire de minéralogie du Muséum ? Vous m'excuserez volontiers, je l'espère, de cette apparente digression d'ailleurs bien incomplète. Je l'ai faite à dessein pour vous montrer toute la fécondité des conceptions d'HAÜY sur la structure cristalline. En effet, l'amas d'atomes régulièrement ordonnés qui constitue le motif cristallin dont je vous parlais tout à l'heure, n'est-il pas autre chose que la molécule intégrante qui a repris ainsi toute sa réalité physique ? La théorie d'HAÜY n'a donc rien perdu de sa valeur ; elle a seulement été adaptée par ses successeurs à l'évolution des idées sur la constitution atomique de la matière, pour recevoir finalement une confirmation expérimentale éclatante.

« J'ai tout trouvé » se serait écrié HAÜY dans l'enthousiasme de sa découverte. Qui pourrait aujourd'hui lui reprocher cette exclamation si peu conforme à sa modestie légendaire ?

Il me reste à examiner maintenant quels furent les développements de l'œuvre d'HAÜY dans la partie essentielle du domaine de la Minéralogie, relative à l'étude des espèces minérales, de leurs associations et de leurs assemblages au double point de vue descriptif et génétique.

Alex. BRONGNIART qui succéda à HAÜY en 1822, était doué d'un esprit extraordinairement vif et curieux qui le poussa dès sa jeunesse à entreprendre des recherches dans toutes les branches des sciences naturelles. Mais ce fut la chimie de LAVOISIER qui lui

1. Cf. W. L. BRAGG, *Zeits. f. Krist.*, Bd. 70, 1929, p. 489.

donna la première impulsion vers l'étude passionnée des sciences et c'est elle qui le guida souvent au cours de sa carrière. Dès l'âge de 16 ans, il propagea avec ardeur par des conférences les théories de LAVOISIER.

DUMAS raconte comment un jour, LAVOISIER lui-même se mêla à ses auditeurs et, à la fin d'un exposé, vint complimenter le jeune conférencier tout confus qui, fort heureusement pour la sûreté de sa diction, avait ignoré sa présence.

Ce goût précoce pour la chimie, et ses observations sur l'art de l'émailleur dont il avait suivi en Angleterre les opérations à peine connues, explique en grande partie pourquoi il accepta plus tard, en 1800, avec tant d'empressement de diriger la manufacture de Sèvres, bien que l'objet de ses prédilections était surtout l'Histoire naturelle.

On sait que grâce à son administration intelligente, et à l'introduction des méthodes scientifiques qu'il sut imposer, la manufacture fut complètement régénérée et prit le premier rang parmi les institutions semblables. Il ne m'appartient pas de vous retracer l'histoire de ces succès mais je dois noter ici que la Minéralogie n'y fut pas étrangère, car BRONGNIART était, par elle, documenté à fond sur les matières premières mises en œuvre dans l'industrie de la céramique.

L'œuvre capitale de BRONGNIART est relative à la géologie, et l'on sait combien fut fructueuse sa collaboration avec G. CUVIER. Tous deux animés d'un même esprit novateur, coordonnant leurs efforts avec méthode et exactitude, ils dégagèrent les principes de la stratigraphie paléontologique, qui leur servirent de base dans leur grand travail sur la « géographie minéralogique des environs de Paris ». Là encore je ne poursuivrai pas, car, malgré l'apparence minéralogique de ce titre, je m'engagerais en intrus dans un domaine qui n'est pas le mien.

Mais l'on voit que l'étude des minéraux et des roches ne faisaient pas l'objet des principales préoccupations de BRONGNIART. Il avait écrit toutefois en 1807 un traité élémentaire de Minéralogie dans lequel il insiste plus que ne l'avait fait HAÜY dans la première édition de son traité de Minéralogie, sur les conditions de gisement des minéraux, « leur formation ou leur décomposition, leur influence sur les autres corps, leurs principaux usages dans les arts. » « Ces connaissances, dit-il, sont à l'histoire des minéraux ce que le tableau des mœurs et des fonctions organiques est à l'histoire naturelle des animaux. »

Il ne néglige pas pour cela l'étude des propriétés cristallographiques et chimiques, et reproduit fidèlement les résultats les plus remarquables obtenus à ce point de vue par HAÜY et les chimistes de son époque.

Plus tard, quand il fut chargé de l'enseignement de la Minéralogie au Muséum, il publia (1827) un petit ouvrage sur la classification des roches homogènes et hétérogènes, remarquable par la clarté et la netteté de ses conclusions. Il y montre l'importance que doivent avoir, dans une telle étude, les caractères tirés de la composition minéralogique et de la structure des roches, de préférence aux particularités de leurs gisements et à la place qu'elles tiennent dans la structure du globe. Il adopte tous les types créés par HAÜY, bien qu'il n'approuve pas toujours le choix de leurs noms.

Mais sa chaire de Minéralogie ne lui permettait pas d'exercer son influence et de faire école dans le domaine des recherches stratigraphiques qu'il venait de créer. Il tourna la difficulté en organisant chez lui des réunions amicales où se retrouvaient des géologues tels que Constant PRÉVOST, Ami BOUÉ, DELESSE, d'ORBIGNY, désireux de profiter de ses conseils ou de lui communiquer les résultats de leurs observations.

Au moment où fut décidée la publication de la carte géologique de la France, ELIE DE BAUMONT, DUFRÉNOY et BROCHANT DE VILLIERS fréquentèrent assidûment ces réunions, et BRONGNIART leur apportait son concours officieux dans l'étude des terrains sédimentaires. On imagine aisément combien devaient être fructueux de tels contacts.

Ce fut DUFRÉNOY qui, à la mort de BRONGNIART, en 1847, lui succéda dans la chaire de Minéralogie du Muséum après l'avoir suppléé pendant quelque temps. A ce moment il cessa son enseignement à l'École des Mines où il était professeur depuis 1826. Son œuvre est importante et variée, à la fois géologique et minéralogique.

Au point de vue géologique elle consiste entièrement dans l'exécution de la Carte géologique de la France au 1.500.000^e, en collaboration avec ELIE DE BAUMONT, sous la direction de BROCHANT DE VILLIERS. Cette carte, commencée en 1825, achevée en 1835, était accompagnée de beaux volumes d'explication, bien connus des géologues et des géographes. Il y a quelques années, M. A. LACROIX a souligné tout l'intérêt que présentait cette œuvre dans l'orientation des recherches ultérieures poursuivies par le service de la carte géologique.

En minéralogie, l'œuvre essentielle de DUFRÉNOY est son traité en quatre volumes, qui eût deux éditions. Il y insiste sur la nécessité de faire intervenir d'une manière équivalente, dans la détermination des espèces minérales, la composition chimique et les caractères cristallographiques ; car ces deux ordres de considérations se prêtent un mutuel appui. Cependant DUFRÉNOY constate que dans les ouvrages antérieurs l'un des deux principes a exagérément dominé

l'autre. Tout d'abord, le grand retentissement de la découverte d'HAÛY fit attacher une importance exceptionnelle et presque exclusive aux caractères cristallographiques ; et on délaissa les minéraux à texture compacte ou terreuse, d'apparence amorphe. Une réaction survint ensuite, intransigeante avec BERZÉLIUS, mesurée avec BEUDANT, qui, au contraire, réserva la prédominance aux caractères chimiques.

Entre ces deux groupes de caractères DUFRÉNOY réussit à maintenir un juste équilibre que l'on retrouve dans tous ses travaux originaux relatifs aux espèces minérales. Aujourd'hui cette controverse a perdu sa raison d'être. Je vous ai montré en effet précédemment comment, grâce à l'emploi des rayons X qui nous permettent de déterminer l'architecture des édifices cristallins, la composition chimique et la structure correspondent à deux séries de données expérimentales étroitement liées entre elles.

Notre collection nationale, installée par BRONGNIART dans la galcrie actuelle, construite en 1833, bénéficia largement de l'activité de DUFRÉNOY. Ce fut notamment grâce à son influence qu'en 1848, l'Assemblée Nationale vota l'acquisition de la collection d'HAÛY. Celle-ci, en effet, unique héritage qu'HAÛY avait laissé à sa famille, avait été vendue en Angleterre et était, en 1848, la propriété du duc de BUCKINGHAM, qui la céda à la France pour le prix de 325 livres sterlings. C'est une précieuse relique, non pas tant par la beauté des 8.000 échantillons qui la constituent, mais parce que ceux-ci étaient tous étiquetés de la main même d'HAÛY et avaient servi à ses recherches. DUFRÉNOY eut la joie de la rapatrier lui-même et de la placer dans le vestibule de la galerie de Minéralogie. Malheureusement le meuble principal où elle était présentée laissait beaucoup à désirer, et ne correspondait plus à nos conceptions muséologiques actuelles. Je résolus de le supprimer, mais ne voyez pas dans ce geste une manifestation d'instincts destructeurs inquiétante pour l'avenir. J'ai au contraire l'intention de placer la collection d'HAÛY dans un cadre digne d'elle et des découvertes qu'elle a suggérées, en montrant en même temps la répercussion actuelle de ces découvertes, et je forme le vœu de trouver un jour prochain les concours financiers nécessaires à cette présentation.

C'est à l'époque où DUFRÉNOY professait à l'École des Mines, puis au Muséum, que les minéralogistes entrevirent toutes les possibilités que les découvertes de MALUS, FRESNEL, ARAGO et BIOT, sur la polarisation de la lumière par les cristaux, leur offraient dans leurs recherches. DUFRÉNOY consacra à ces phénomènes quelques pages importantes dans son traité de Minéralogie, et DELAFOSSE leur fit encore une plus large place dans le sien, en rassemblant les premières observations de DE SÉNARMONT et de DES CLOIZEAUX.

DE SÉNARMONT fut en effet le premier qui, en France, semble avoir compris la fécondité de ces nouvelles méthodes d'investigation. Mais c'est DES CLOIZEAUX qui fut leur véritable propagateur, en effectuant sur les propriétés optiques des minéraux d'innombrables observations qui ont conservé encore aujourd'hui toute leur valeur.

DES CLOIZEAUX fut nommé professeur au Muséum en 1876. Il succédait à DELAFOSSE dont je vous ai précédemment retracé l'œuvre cristallographique. A ses débuts dans la science, DES CLOIZEAUX avait reçu l'influence directe de LÉVY ; il puisa près de lui le goût de la cristallographie et s'y adonna tout entier. Son but était de fixer avec le plus de précisions possibles la forme et les constantes cristallographiques d'un grand nombre de minéraux ou de sels de la chimie. Il a étudié soit des corps nouveaux ou rares, soit des minéraux communs dont les formes n'étaient pas complètement connues. Son œuvre capitale à ce point de vue est son mémoire sur le quartz qui est un véritable modèle d'observation patiente et réfléchi. L'emploi des rayons X n'a pas diminué l'intérêt que présentent de semblables préoccupations morphologiques. D'une part les minéralogistes continuent à cultiver ce domaine essentiel à leurs descriptions d'espèces. D'autre part les cristallographes utilisant les rayons X trouvent dans l'étude de la forme extérieure des renseignements souvent indispensables sur la classe de symétrie. Mais la détermination du système cristallin, basée sur les seuls caractères géométriques, restait incertaine dans un grand nombre de cas, si elle n'était pas complétée par un examen optique, seul autre moyen d'action du cristallographe avant la découverte des rayons X. DES CLOIZEAUX fut ainsi conduit à l'étude des propriétés optiques des minéraux. Il perfectionna les microscopes d'AMICI et de NÖRREMBERG, bien primitifs et incommodes, qui étaient en usage de son temps, et il rêva de déterminer les propriétés optiques de tous les corps transparents ou translucides en étendant ses recherches aux sels obtenus dans les laboratoires de chimie. C'est ainsi que dans trois grands mémoires parus en 1857, 1858 et 1867, il passa en revue les propriétés optiques de 468 minéraux ou sels, en utilisant des préparations qu'il confectionnait toutes lui-même, car il était d'une prodigieuse habileté manuelle. Il montra que dans les séries isomorphes les propriétés optiques varient avec la composition chimique, et il insista sur l'importance de ces propriétés dans la définition des espèces minérales. Cependant les propriétés optiques sont sous la dépendance d'un autre facteur, la chaleur, et l'on connaît des modifications temporaires produites sous cette influence dans l'écartement des axes optiques du gypse et de la glauberite. DES CLOIZEAUX multiplia les essais sur tous les corps biaxes qu'il

avait étudiés. Il trouva notamment que l'orthose subit une modification analogue, mais qu'elle est permanente quand la température dépasse 700°, et cette observation offre d'autant plus d'intérêt que certaines roches volcaniques renferment cette variété d'orthose qu'il appela orthose déformée.

D'autres minéraux, qui contiennent des terres rares (l'orthite, la gadolinite, etc...), deviennent incandescents à une température déterminée. DES CLOIZEAUX les désigna sous le nom de minéraux pyrognomiques, et, en collaboration avec DAMOUR, étudia le phénomène auquel ils donnent lieu et les variations de propriétés optiques qui l'accompagnent.

Tous les minéraux analogues, qui présentent sous l'influence de la chaleur des transformations aussi caractéristiques, reçoivent souvent aujourd'hui le nom imagé de « thermomètre géologique », car ils peuvent nous éclairer sur la température à laquelle se sont formées les masses minérales dont ils font partie. De nombreuses recherches sur leurs domaines de stabilité sont encore poursuivies actuellement. Elles mettent en œuvre des méthodes d'investigation nouvelles, telles que l'analyse thermique, l'analyse dilatométrique, l'analyse cristalline au moyen des rayons X, qui permettent de compléter les données optiques, parfois trompeuses, et même de déterminer les modifications produites par la chaleur dans l'arrangement réticulaire de la matière. Les résultats obtenus gagnent ainsi en précision, mais les minéralogistes qui se livrent à ce genre de recherches ne doivent pas oublier que DES CLOIZEAUX eut le mérite d'en avoir montré toute l'importance à une époque moins privilégiée en moyens d'action.

Ses recherches relatives à la polarisation rotatoire le conduisirent à la découverte de cette propriété dans le cinabre qui la possède avec dix-sept fois plus d'intensité que le quartz. Mais dans le nombre véritablement étonnant de déterminations optiques faites par DES CLOIZEAUX, il faut attirer tout particulièrement l'attention sur celles qui concernent les feldspaths, les amphiboles, les pyroxènes, et en général les éléments constitutifs des roches cristallines. Dans le groupe des feldspaths, auquel il se consacra pendant plus de vingt ans, il découvrit le microcline, et en décrivit minutieusement les propriétés optiques. Il détermina celles de tous les plagioclases en s'attachant surtout à l'étude des types acides, de l'albite à l'andésine, et toutes ses données sont à la base des travaux de MICHEL-LÉVY et de MALLARD dans ce même groupe de minéraux.

On ne saurait trop insister sur la portée de l'œuvre de DES CLOIZEAUX, car elle est le fondement solide sur quoi s'appuie toute la lithologie moderne. Ses déterminations patientes, faites sur des sections épaisses d'orientation connue, ont permis à FOUQUÉ et MICHEL-LÉVY d'aborder immédiatement avec fruit l'étude des

roches en sections minces d'orientation quelconque, et l'on sait combien fut surprenant, sous leur impulsion, le développement de cette branche de la Minéralogie.

Cependant, les recherches optiques de DES CLOIZEAUX et de ses successeurs avaient porté exclusivement sur les minéraux transparents, et, parmi eux, principalement sur les silicates, car ceux-ci dominent dans la constitution des roches éruptives et cristallophylliennes. Toute une catégorie de minéraux, opaques même en sections minces, échappaient à leurs procédés d'examen. Ces minéraux, quoique beaucoup moins abondants dans la nature, offrent toutefois un grand intérêt à la fois scientifique et industriel. Ce sont en effet les constituants essentiels des minerais métalliques. Et, quand ils interviennent comme éléments accessoires dans les roches, leur détermination précise peut avoir une réelle importance au point de vue génétique.

Leur étude a beaucoup progressé en ces dernières années ; elle met en œuvre une technique microscopique délicate, basée sur l'optique des cristaux opaques en lumière polarisée réfléchie. Tout ce domaine nouveau de la minéralogie micrographique, qui est loin d'être entièrement exploré, forme le complément nécessaire de celui relatif aux minéraux transparents, bien connu maintenant grâce aux travaux de FOUQUÉ, MICHEL-LÉVY et de M. A. LACROIX. Et c'est à en décrire les principaux aspects que je consacrerai la première partie de mon enseignement.

DES CLOIZEAUX professa au Muséum jusqu'en 1892, année au cours de laquelle il fut nommé professeur honoraire. M. A. LACROIX lui succéda en 1893, et ce n'est pas sans émotion que j'ai vu venir l'instant de vous retracer les grandes lignes de son œuvre, œuvre immense et variée, qui n'est pas encore achevée, et dont une faible partie seulement suffirait à assurer la réputation d'un savant.

Cette œuvre, il l'a définie discrètement lui-même en un raccourci saisissant, dans sa notice historique sur le troisième fauteuil de la Section de Minéralogie de l'Académie des Sciences : « Le 11 janvier 1904, dit-il, l'Académie revint à l'étude des minéraux. Son choix se porta sur un minéralogiste étudiant les propriétés physiques et chimiques de la matière minérale, non plus comme une fin, mais comme un moyen de spécification pour des buts d'Histoire naturelle, trouvant sa voie, sur le terrain et au laboratoire, dans l'union de la Minéralogie, de la Physique du Globe et de la Géologie, un naturaliste vivement attiré par les recherches dans les Colonies lointaines, et courant volontiers le monde à la poursuite des volcans, de leurs éruptions et de leurs produits. Vous ne vous étonnerez pas, ajoute-t-il, si je laisse ici une lacune dans cet exposé ».

Mon cher maître me permettra d'être moins discret sur son œuvre

qu'il ne le fut en écrivant ces lignes, et de vous en rappeler au moins les parties essentielles.

Elève de DES CLOIZEAUX, de FOUQUÉ et de MICHEL-LÉVY, M. A. LACROIX donna aux conséquences de leurs travaux une ampleur considérable, en accumulant et en coordonnant un nombre toujours grandissant d'observations nouvelles, cristallographiques, optiques et lithologiques. Il montra comment il était nécessaire d'établir un équilibre entre toutes les méthodes d'observation.

Sa *Minéralogie de la France et de ses Colonies*, qu'il publia de 1893 à 1913, puis sa *Minéralogie de Madagascar*, publiée en 1922 et 1923, sont conçues sur un plan entièrement nouveau. Il ne se contenta pas, en effet, comme il est d'usage dans les traités classiques de Minéralogie, de décrire des minéraux se présentant en gros échantillons, mais il a suivi ceux-ci dans toutes leurs manières d'être, étudiant notamment en détails le rôle qu'ils jouent dans la constitution des roches, et supprimant ainsi les limites factices maintenues entre la Minéralogie et la Pétrographie. Cette méthode de travail détermine ce rapprochement car elle conduit à envisager les minéraux en fonction de leurs conditions de gisement, soigneusement examinées pour en déduire des conclusions sur leur genèse probable. Dès les premières années de son professorat, le domaine de la France d'outre-mer, dont certains territoires venaient d'être définitivement pacifiés, offrit à M. LACROIX un champ d'études incomparable. Des matériaux nombreux et prometteurs de découvertes passionnantes, lui parviennent de toutes parts, principalement de Madagascar, véritable paradis des minéralogistes.

M. LACROIX met au service de tous, prospecteurs et géologues, sa puissance de travail inégalable pour les aider dans la détermination des minéraux et des roches qu'ils avaient recueillis, et diriger leurs nouvelles recherches. J'ai eu la bonne fortune, à mon entrée dans cette Maison, d'apporter à M. LACROIX ma modeste collaboration dans ces travaux, et je n'oublierai jamais l'ardeur qui s'emparait de tous à l'arrivée au laboratoire des caisses venant de notre lointaine colonie. Les échantillons étaient en hâte étalés sur des tables et M. LACROIX les examinait un à un attentivement. Nous nous répartissions les essais de toutes sortes, optiques, microchimiques, pyrognostiques, spectrographiques, nécessaires à certaines déterminations, car il fallait faire vite, M. LACROIX tenant à renseigner ses correspondants par le plus prochain courrier.

Une connaissance parfaite des associations minérales lui faisait pressentir immédiatement la nature d'espèces particulièrement difficiles à reconnaître. La découverte de la thortveitite dans un lot d'échantillons que nous examinions ensemble restera gravé dans

ma mémoire comme l'exemple le plus frappant de cette remarquable perspicacité.

Et ces souvenirs me donnent l'occasion de souligner ici le rôle bien connu de M. LACROIX dans l'exploration de notre domaine colonial. Il ne s'est pas contenté de déterminer les matériaux qu'il recevait à son laboratoire ; il a visité quelques-unes de nos plus belles colonies, la Martinique, la Guinée, Madagascar et l'Indochine, et il en a rapporté des observations géologiques et minéralogiques de la plus grande importance. Aussi lorsque, récemment, le Comité d'Études minières pour la France d'outre-mer décida de fonder un centre de préparation à l'exploration géologique et minière coloniale, trouva-t-il dans le Laboratoire de Minéralogie du Muséum le lieu de prédilection pour son organisation. Les futurs géologues et prospecteurs pouvaient y bénéficier à la fois de l'enseignement et des documents nombreux et variés nécessaires à leurs missions.

Les conceptions de M. LACROIX sur l'histoire naturelle des minéraux le conduisirent à s'attacher plus particulièrement à l'étude des roches, de leur mode de formation, et de leurs relations mutuelles.

Par de minutieuses observations faites dans les Pyrénées, il précise nos connaissances sur le métamorphisme de contact, et démontre la réalité des transformations endomorphes des magmas granitiques au contact des calcaires. Ses conclusions fortifient la théorie qui fait jouer dans le métamorphisme un rôle important aux minéralisateurs et produits volatils émanés des magmas éruptifs, théorie depuis longtemps soutenue par les pétrographes français et notamment défendue par Auguste MICHEL-LÉVY.

D'autre part ses recherches sur les enclaves des roches volcaniques ont mis en lumière le métamorphisme dû aux laves, et montré qu'il fallait nettement distinguer, au point de vue de leur action sur leurs enclaves, les roches basiques des roches acides. Les premières produisent une action purement calorifique, les secondes donnent lieu au contraire à des modifications d'ordre chimique.

Depuis longtemps, M. LACROIX s'est consacré à la classification des roches éruptives et il en fit presque tous les ans l'objet de son cours. S'appuyant sur un nombre considérable d'observations personnelles, il a modifié et perfectionné la classification de FOUQUÉ et MICHEL-LÉVY par l'introduction de données minéralogiques et chimiques quantitatives. Pour ces dernières, il s'est inspiré de la nomenclature des pétrographes américains, qui a pour base une expression minéralogique conventionnelle de la composition chimique des magmas, symbolisée par un système de paramètres commodes. L'utilisation judicieuse de ces notions nouvelles lui a permis d'expliquer la formation de plusieurs types lithologiques dont l'origine était obscure (types doliomorphes et hétéromorphes,

pegmatitoïdes, etc...), et, en y joignant les enseignements qui découlent des synthèses de FOUQUÉ et MICHEL-LÉVY, de BOWEN et de quelques autres, de définir les conditions de stabilité de certains minéraux constituants des roches éruptives.

Dans la formation des pegmatites, il mit en évidence l'existence de deux phases de cristallisation, l'une constructive, l'autre destructive qui fournit des minéraux nouveaux aux dépens de ceux formés pendant la première phase. Sous le nom d'autopneumatolyse, il décrit des phénomènes du même ordre dans certaines laves du Vésuve renfermant des minéraux produits par l'action du magma sur sa propre substance.

Appliquant enfin aux météorites pierreuses les mêmes notions chimico-minéralogiques qu'aux roches terrestres, il en a donné une classification rationnelle appuyée sur l'étude de nombreuses chutes dont beaucoup sont nouvelles et sont principalement survenues dans les colonies françaises.

M. LACROIX ne s'est pas seulement occupé d'étudier les produits des éruptions volcaniques. Le mécanisme de ces phénomènes a longuement retenu son attention. Et grâce à ses travaux sur la Montagne Pelée, qu'il est à peine nécessaire de rappeler tant ils sont devenus classiques, nous savons comment se forment les dômes et les nuées ardentes.

Tant de documents précieux, inlassablement rassemblés par M. LACROIX depuis plus de quarante ans, ont enrichi notre collection dans les proportions que nous admirons tous. Il se préoccupait constamment de renouveler et de varier la présentation des échantillons pour la rendre plus instructive. Mais aujourd'hui les vitrines qui les abritent sont complètement garnies, et son successeur se demande avec inquiétude comment il pourra d'ici peu loger les nouveaux venus.

La collection pétrographique, créée entièrement par M. LACROIX, fait encore l'objet de ses soins persévérants. Elle renferme tous les types lithologiques connus, accompagnés de leurs analyses et de leurs sections minces et constitue un incomparable instrument de travail. Aussi est-elle fréquemment consultée par de nombreux pétrographes français et étrangers.

Il est toute une partie de l'activité de M. LACROIX sur laquelle je ne puis m'étendre ici, et qui résulte de son goût pour l'histoire des Sciences. Vous avez tous apprécié certainement les captivants ouvrages qu'elle nous a valu et qu'elle nous vaut encore sur la vie et l'œuvre de nombreux géologues, minéralogistes et naturalistes français.

En achevant cet exposé bien incomplet des travaux de M. LACROIX, je tiens à rappeler que l'organisation du laboratoire de recherches actuel date de sa nomination au Muséum. N'ayant à sa disposition

que des crédits restreints, attribués par portions scrupuleusement limitées, il l'a progressivement muni de l'outillage nécessaire aux recherches minéralogiques modernes. Mais il en a fait en outre un centre d'études accueillant à tous. Vous savez quelle atmosphère de confiante cordialité règne entre tous les travailleurs qui le fréquentent, et quelle ardeur les anime tous. Soyez persuadés, Messieurs, que je consacrerai tous mes efforts à entretenir bien vivace une aussi belle tradition.

Il me faut maintenant conclure. En vous donnant cet abrégé de l'histoire de la chaire de Minéralogie du Muséum, j'ai voulu non seulement rendre un hommage de déférente admiration à mes prédécesseurs, mais aussi vous faire mieux comprendre l'aspect véritable de la Minéralogie à l'heure actuelle.

J'ai essayé de faire ressortir la continuité des progrès qui, depuis Haüy, ont été accomplis dans ses diverses parties sous l'influence de conceptions originales sans cesse renouvelées, ou sous l'impulsion de méthodes d'investigation nouvelles.

L'accumulation des faits d'observation qui fut la conséquence des unes et des autres a provoqué une division des efforts des chercheurs et aussi un partage artificiel du domaine de la Minéralogie. Ainsi sont nées successivement la cristallographie, la pétrographie, la métallogénie, et la géochimie. Cette dernière, profitant de l'essor de la chimie, ne coordonne plus nos connaissances sur les substances minérales naturelles autour de la notion d'espèce minérale, mais elle fait intervenir d'une façon primordiale la notion d'atome, et semble par là se détacher de la Minéralogie. Il n'en est rien cependant, car, dans les considérations d'une portée générale indéniable qu'elle développe sur la chimie de l'écorce terrestre, la notion d'espèce minérale conserve toute son importance, et les minéraux y représentent les résultats des réactions entre les éléments chimiques ; ils sont autant de manifestations de l'union plus ou moins définitive de ceux-ci, et le géochimiste ne peut se dispenser d'en connaître parfaitement toutes les propriétés et tous les modes d'associations. Il est donc en réalité, — pardonnez-moi cette image, — un minéralogiste qui a changé d'uniforme.

En résumé, la Minéralogie forme un ensemble complexe dont les différentes parties dépendent étroitement les unes des autres. On ne saurait les disjointre pour les rattacher à la Physique, à la Chimie ou à la Géologie sous prétexte que les méthodes d'investigation les plus nécessaires au développement de chacune d'entre elles se rattachent aux disciplines de ces sciences. On ne peut en effet définir une science par ses méthodes, mais bien par les buts qu'elle poursuit, et la Minéralogie doit toujours être envisagée comme la science qui groupe et coordonne nos connaissances sur la

constitution et la genèse des substances minérales naturelles.

Il faut que les savants qui la cultivent aient conscience de sa parfaite individualité, et qu'ils se consacrent suivant leurs aptitudes ou leurs goûts, mais toujours avec le même enthousiasme, à l'égal développement de toutes ses branches.

Le symbole de cette unité de conception est l'œuvre d'HAÜY, et c'est en évoquant une fois encore le souvenir d'un des plus grands génies de la Science française que je terminerai cette première leçon.

BIBLIOGRAPHIE

- W. L. BRAGG. — The crystalline state. 1 vol. in-8°, 352 pages. Londres, 1933.
- A. BRAVAIS. — Notice sur ses travaux scientifiques, 20 pages, in-8°. Paris, 1854.
- Mémoire sur les systèmes formés par des points, distribués régulièrement sur un plan ou dans l'espace, présenté à l'Académie des Sciences, le 11 décembre 1848. *Journal de Mathématiques*, t. XIV. *Journal de l'Ecole Polytechnique*, 33^e cahier.
- Etudes cristallographiques, *Journal de l'Ecole Polytechnique*, 34^e cahier.
- ALEX. BRONGNIART. — Classification et caractères minéralogiques des roches homogènes et hétérogènes, in-8°, 144 pages. Paris, 1827.
- G. CUVIER et ALEX. BRONGNIART. — Essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris, in-4°, 278 pages (avec carte géognostique). Paris, 1810.
- G. CUVIER. — Eloge historique sur DAUBENTON, lu le 5 avril 1800 à l'Académie des Sciences.
- Eloge historique sur R. J. HAÜY, lu le 2 juin 1823 à l'Académie des Sciences. *Mém. Acad. Sc.*, 8, p. 144-178. Paris, 1829.
- DAUBENTON. — De la connaissance des pierres précieuses. — Histoire et mémoires de l'Académie royale des Sciences. 1750, p. 28-38.
- Tableau méthodique des minéraux, in-8°, 36 pages. Paris, 1784.
- J.-B. DUMAS. — Notice sur ALEX. BRONGNIART, lue le 23 avril 1877 à l'Académie des Sciences.
- G. DELAFOSSE. — Notice sur ses travaux, in-4°, 36 pages. Paris, 1856.
- Observations sur la méthode générale du révérend W. WHEWELL pour calculer les angles des cristaux. *Ann. des Sciences naturelles*, t. VI, 1825, p. 121-126.
- Recherches sur la cristallisation considérée sous les rapports physiques et mathématiques. *Mém. présentés par divers savants à l'Académie des Sciences*, t. VIII, 1843, p. 652.
- Nouveau cours de Minéralogie, 3 vol. in-8°. Paris, 1858.
- A. DES CLOIZEAUX. — Note sur les travaux de M. DELAFOSSE, *C. R. Acad. Sc.*, t. 87, p. 569-570.
- Manuel de Minéralogie, 2 vol. in-8° et atlas. Paris, 1863-1893.
- A. DUFRÉNOY. — Traité de Minéralogie, 3 vol. et atlas. Paris, 1844, 2^e éd., 4 vol. et atlas. Paris, 1855.
- D. DOLOMIEU. — Sur la philosophie minéralogique et sur l'espèce minéralogique, in-8°, 128 pages. Paris, 1801.

- G. FRIEDEL. — Etude sur les groupements cristallins, 1 vol. in-8°. Saint-Etienne, Thomas, 1904.
- R. J. HAÜY. — Mémoire sur la structure des cristaux de grenat, présenté à l'Académie des Sciences le 21 février 1781. *Journ. de Phys.*, t. XIX, mai 1782, p. 366-370.
- Mémoire sur la structure des spaths calcaires, présenté à l'Académie des Sciences le 22 décembre 1781. *Journ. de Physique*, t. XX, Part. II, juillet 1782, p. 33-39.
- Essai d'une théorie sur la structure des cristaux appliquée à plusieurs genres de substances cristallisées, in-8°, 236 pages. Paris, 1784.
- Exposition abrégée de la théorie sur la structure des cristaux, *Journ. d'Hist. naturelle*, 51 pages, 3 pl. Paris, 1792.
- Mémoire sur une loi de la cristallisation appelée loi de symétrie. *Mém. du Muséum d'Hist. nat.*, t. I, 1815 ; p. 81-101 ; 206-225 ; 273-298 ; 341-352.
- F. VON KOBELL. — Geschichte der Mineralogie (1650-1860), in-8°, 703 pages. Munich, 1864.
- G. F. KUNZ. — The life and work of Hauy, *Amer. Miner.*, vol. 3, N° 6, juin 1918, p. 61-89.
- A. LACROIX. — Aperçu des développements de la Minéralogie pendant le siècle qui vient de s'écouler et contribution des professeurs du Muséum à ce progrès, *Vol. commémoratif du centenaire de la fondation du Muséum d'Histoire naturelle*. Paris, 1893.
- Le domaine de la Minéralogie. *Revue Scientifique*, 1893.
- Déodat DOLOMIEU. Paris, 1921, 2 vol. in-8°.
- Notice historique sur F. S. BEUDANT, et Alfred DES CLOIZEAUX, lue à la séance publique annuelle de l'Académie des Sciences, le 15 décembre 1930.
- Figures de savants. Paris, 1932, 2 vol. in-8° avec portraits et autographes.
- La Minéralogie, in *La Science française*, Paris, 1933.
- LAUE, FRIEDRICH et KNIPPING. — *Sitzb. Math. phys. Klasse Bayer. Akad. Wiss.* Munich, 1912, p. 303-322.
- C. MAUGUIN. — La structure des cristaux déterminée au moyen des rayons X, in-8°, 281 pages. Paris, 1924.
- M^{me} H. METZGER. — La genèse de la Science des cristaux, in-8°, 248 pages. Paris, 1918.
- ROMÉ DE L'ISLE. — Essai de cristallographie. Paris, 1772, in-8°.
- Cristallographie, ou description des formes propres à tous les corps du règne minéral. Paris, 1783, 4 vol. in-8°.
- A. SCHENFLIES. — Krystallsysteme and Krystallstruktur, in-8°, 638 pages. Leipzig, 1891. — (Remarque concernant DELAFOSSE et l'importance de son œuvre, p. 314).
- N. STENON. — De solido intra solidum naturalitater contento. Dissertationis prodromus. 1679.
- F. WALLERANT. — Théorie des anomalies optiques, de l'isomorphisme et du polymorphisme, déduite des théories de MM. MALLARD et SOHNCKE, *Bull. Soc. franç. Min.*, t. 21, 1898, p. 188-256.
- WALLERIUS. — Minéralogie, 1747 (en suédois). Traduction française par d'HOLBACH, 1753.
- WEISS. — Loi des zones, *Abhand. d. Berl. Akad. d. Wiss.*, 1818-1819, p. 227.
- WERNER. — Traité des caractères extérieurs des fossiles. Edition allemande 1773 ; éd. française 1790.